

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-245166
 (43)Date of publication of application : 07.09.2001

(51)Int.Cl. H04N 1/48
 G06T 1/00
 H04N 1/60
 H04N 9/64

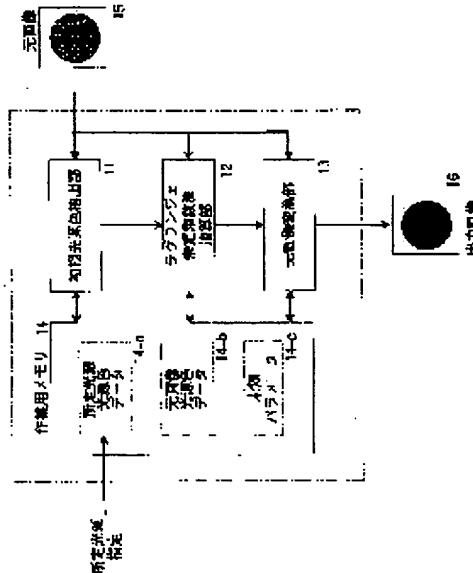
(21)Application number : 2000-057076 (71)Applicant : OKI DATA CORP
 (22)Date of filing : 02.03.2000 (72)Inventor : MATSUSHIRO NOBUHITO
 FUJIWARA NORIHARU

(54) COLOR IMAGE CONVERSION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a color image conversion device, capable of converting high accuracy from a color image to an image under a prescribed light source.

SOLUTION: In this conversion device, an initial light source color extractor 11 extracts a pixel having the highest possibility of being a light source color from the original image as an initial light source color. A calculator 12 of Lagrange undefined multiplier method deviates a conversion parameter for minimizing an evaluation factor, in the case of applying initial light source color and the light source color of a prescribed light source to a color adoption model of vision, an original image converter 13 converts from the original image to an image under the prescribed light source, based on the conversion parameter.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.02.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

[decision of rejection]
[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The color-picture inverter characterized by to have an image-transformation means change said input color picture with the chromatic-adaptation model determined based on this model parameter as a chromatic-adaptation model parameter calculation means compute the model parameter of the chromatic-adaptation model expressed as a visual determinant based on an initial self-luminous-color extract means extract the self-luminous color from an input color picture as an initial extract color, and the self-luminous color in the predetermined light source inputted as this initial extract color.

[Claim 2] The color picture inverter according to claim 1 which has an extract color composition means to search the light source which makes said extract color extracted with said initial self-luminous color extract means, and the nearest color the self-luminous color from the predetermined light source, to make the self-luminous color in the this searched light source said initial extract color, and to output to said chromatic adaptation model parameter calculation means.

[Claim 3] The color-picture inverter according to claim 2 which has a judgment color creation means create a judgment color by the inverse matrix of the chromatic adaptation model created based on said model parameter computed with said chromatic adaptation model parameter calculation means, will permute said judgment color by said initial extract color if the difference of said judgment color and said initial extract color is beyond a predetermined value, and is outputted to said extract color composition means.

[Claim 4] Color retrieval with said extract color composition means is a color picture inverter according to claim 2 which uses the light source principal component data obtained by carrying out principal component analysis of the spectral-distribution data in two or more light sources.

[Claim 5] Said chromatic adaptation model parameter calculation means is a color picture inverter according to claim 1 which computes a parameter so that the error of said model parameter may serve as min.

[Translation done.]

NOTICES

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is concerned with the field of color picture processing, and relates to the equipment which changes a color picture into the thing under the predetermined light source.

[0002]

[Description of the Prior Art] It became possible now to access the huge image data accumulated in the web server of every corner of the earth with high-performance-izing of a personal computer and rapid progress of the Internet in recent years, and to appreciate it at a house. Many [what it is free and can be used into them] Moreover, if now it is also everyday to use a color picture, incorporating from peripheral devices, such as a digital camera which showed spread remarkable in recent years, and a scanner, and it considers that a color printer is spreading not only through office but through ordinary homes quickly, it will be expected that the needs which carry out the printed output of the color picture will increase further from now on.

[0003] The software called the photo retouch software for performing desired conversion adjustment to a color picture etc. with progress of such needs is also large, and common. such software -- the red (R) of a color picture -- green, raising the brightness of the whole image uniformly or lowering **** -- etc. -- it can adjust. [it being sufficient in slight strength and weakening each component of (G) and blue (B)] It becomes possible by using this to correct an image to the environmental condition (for it to be [too bright / dark / it] too dark **) and device for example, at the time of photography subsequently without what the peculiarity (**) which requires redness, and which requires blueness) of a proper etc. is anew retaken for (it rescans). This can be said to be being the big advantage brought about by digitization of an image.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] And I advance further the advantage that subsequent correction is possible, and think that the object included to the original color picture can produce the big added value over use of a color picture if it is convertible for the scene photoed under the light source of a certain request as it is. If it can appreciate after changing into an image as if it as if actually photoed important cultural properties which can be got blocked, for example, can come to hand through a web environment etc., such as a TSUTAN car noodle image and Mona Lisa's portrait, under the light source to the color picture used as the object, for example, in spite of being unable to touch only an important cultural property by any means in fact, in the point that such a thing becomes possible, it can ** with it being big added value. When combination described previously, such as strength of R [in the existing photo retouch software], G, and B each color and adjustment of brightness, tends to realize this, trial-and-error by advanced sensuous actuation are needed. It is just going to desire to be able to carry out by automatic processing in which the predetermined light source is specified.

[0005] By JP,11-283025,A, by comparing color distribution of the beige part contained in the original color picture with the beige distribution photoed under the known light source, the light source of the original color picture is presumed and the technique of changing into the thing

under the predetermined light source the color of the whole image which also includes the pixel of the beige part of the original color picture or parts other than flesh color on it is indicated. However, it is premise ***** about judging the light source based on color distribution of the beige part in the original color picture, and the beige part surely being contained in the original color picture with this technique. Therefore, although it operates good to an image like a flesh and blood person image, it is thought that it cannot operate correctly to a previous TSUTAN car noodle or an image like Mona Lisa.

[0006] Paying attention to the above trouble, this invention offers the color picture inverter which can perform conversion in the image under the predetermined light source in a high precision to a color picture.

[0007]

[Means for Solving the Problem] This invention has an image-transformation means change said input color picture, based on an initial self-luminous-color extract means extract the self-luminous color from an input color picture as an initial extract color, and the self-luminous color in the predetermined light source inputted as this initial extract color with a chromatic-adaptation model parameter calculation means compute the model parameter of the chromatic-adaptation model expressed as a visual determinant, and the chromatic-adaptation model created based on this model parameter.

[0008] Therefore, the highest pixel of possibility of being the self-luminous color is extracted from a former image, it considers as the initial self-luminous color, a conversion parameter with which the performance index at the time of applying this initial self-luminous color and the predetermined light source self-luminous color to a visual chromatic adaptation model becomes min is drawn, and a former image is changed into the thing under the predetermined light source based on this conversion parameter.

[0009]

[Embodiment of the Invention] The block diagram of the color picture inverter of the gestalt of the first operation is shown in drawing 1. In addition, this inverter may constitute some computers. The color picture inverter of the gestalt of the first operation expresses a color picture by the XYZ color system, changes into the thing under the predetermined light source the color picture (it is called a former image from this) 15 which stored in memory each pixel which constitutes this color picture by the multiple value, and outputs the output image 16 after conversion to memory by the multiple value for every pixel. The initial self-luminous color extract section 11 stores the chromaticity-coordinate value in the working-level month memory 14 in search of the highest pixel of possibility of being the self-luminous color, in the former image 15.

[0010] The Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 12 draws the conversion parameter for changing a former image into the thing under the predetermined light source based on the self-luminous color chromaticity-coordinate value of the specified predetermined light source, an initial self-luminous color chromaticity-coordinate value, and the chromaticity-coordinate value of each pixel of the former image 15, and stores it in the position of the working-level month memory 14. A conversion parameter is a model parameter of the chromatic adaptation model of the vision included in the color APIARENSU model. On the occasion of derivation of this conversion parameter, the technique of performance-index minimization under the constraint using the Lagrange method of undetermined multipliers is used. It mentions later in detail.

[0011] The former image transformation section 13 changes the former image 15 according to the drawn conversion parameter, and outputs the output image 16. The working-level month memory 14 is a storage region for storing the self-luminous color chromaticity-coordinate value of the specified predetermined light source, the chromaticity-coordinate value of the initial self-luminous color extracted from the former image, and the drawn conversion parameter.

[0012] Actuation is explained about the gestalt of the first operation. In the initial self-luminous color extract section 11, out of the former image 15, the highest pixel of the same possibility as the self-luminous color, i.e., the color of the light source at the time of photography, is looked for, and the chromaticity-coordinate value is stored in the working-level month memory 14. In

search of the pixel which has the greatest brightness in the former image in an XYZ color system as a candidate of the self-luminous color, it considers as the initial self-luminous color. Here, as a chromaticity-coordinate value, it is a vector in an XYZ color system. (X, Y, Z) It uses. [0013] In addition, when it expresses a color, it is an RGB system of color representation. (R, G, B) Although usually used well, the XYZ expression by the XYZ color system is also well used from the convenience on count. (R, G, B) from -- (X, Y, Z) The matrix operation of the following formula (1) can perform conversion.

[0014]

[Equation 1]

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.7689 & 1.7517 & 1.1302 \\ 1 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0 & 0.0565 & 5.5943 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad \cdot \quad (1)$$

[0015] In the initial self-luminous color extract section 11, the information about the light source of a former image is extracted in approximation as the initial self-luminous color. It shall receive, the information about the predetermined light source of a conversion place shall be given by assignment from the outside, such as a keyboard and a mouse, and the XYZ coordinate value of the self-luminous color corresponding to this assignment shall be stored in the predetermined field of working-level month memory.

[0016] The Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 12 derives the conversion parameter for changing a former image into the thing under the predetermined light source based on the chromaticity-coordinate value of each pixel of the predetermined light source self-luminous color data stored in the working-level month memory 14, former image self-luminous color data, and a former image, and stores it in the position of the working-level month memory 14.

[0017] Now, this conversion parameter is drawn as follows. The chromatic adaptation model of the vision included in the color APIARENSU model is used for conversion in the image under the predetermined light source. This is explained briefly below. In this model, the chromatic adaptation transformation matrix M of the following formulas (2) describes the chromatic adaptation of human being's vision.

[0018]

[Equation 2]

$$M = \begin{bmatrix} 0.74k_L + 0.26k_M & 1.32k_L - 1.32k_M & -0.15k_L - 0.05k_M + 0.2k_S \\ 0.14k_L - 0.14k_M & 0.26k_L + 0.74k_M & -0.03k_L + 0.03k_M \\ 0 & 0 & k_S \end{bmatrix} \quad \cdot \quad (2)$$

[0019] kL, kM, and kS It is a conversion parameter in connection with human being's vision property. There is a function to adjust sensibility accommodative also to a color in human being's vision, like the adaptation to luminosity (example: in darkness, from the condition that the neighborhood cannot be clearly seen at first, an eye gets used gradually and it comes to be visible) over brightness. That is, since the colors of the light source differ when an object with the same object color is observed under the two different light sources, although the spectrum of the light which reflects on an object front face and goes into human being's eyes itself changes, it has the function called chromatic adaptation to adjust sensibility in the direction which cancels change of the color of the light source, and to enable it to perceive the original color of an object constantly.

[0020] the self-luminous color XYZ coordinate value of the two different light sources A and the light source B -- respectively -- (XAW, YAW, ZAW) ** (XBW, YBW, ZBW) ** -- when it carries out, the following formula (3) is considered.

[0021]

[Equation 3]

$$\begin{bmatrix} X_{w}^B \\ Y_{w}^B \\ Z_{w}^B \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} X_{w}^A \\ Y_{w}^A \\ Z_{w}^A \end{bmatrix} \quad \cdot \quad (3)$$

[0022] By solving three simultaneous equations obtained from this, they are kL , kM , and kS . 1 set of value is decided. this -- kL , kM , and kS It can be said that the place which the matrix M substituted and acquired means expresses the signs of sensibility change of the vision of a result that visual chromatic adaptation happened when the light source changed from the light source A to the light source B. Therefore, the chromaticity-coordinate value which human being perceives the same object color by the chromatic adaptation to the light source B from the light source A can be acquired by giving Matrix M to the chromaticity-coordinate value of the object color under the light source A. In changing a former image into the thing under the predetermined light source, in this invention, it carries out using the matrix M of a formula (2). Thereby, a near conversion result can be obtained depending on how to see human being.

[0023] Conversion parameters kL , kM , and kS for changing a former image into the thing under the predetermined light source in the Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 12 based on the chromaticity-coordinate value of each pixel of the predetermined light source self-luminous color data stored in the working-level month memory 14, former image self-luminous color data, and a former image It derives and stores in the position of the working-level month memory 14. kL , kM , and kS Derivation is performed by [as being the following].

[0024] the initial self-luminous color data of a former image, and predetermined light source self-luminous color data -- respectively -- $(XW, YW, ZW) \leftrightarrow (X*W, Y*W, Z*W) \leftrightarrow$ -- if it carries out (XW, YW, ZW) from $(X*W, Y*W, Z*W)$ Matrix M is searched for from the simultaneous equations obtained as a following equation (4). kL , kM , and kS It will be obtained if it substitutes for an equation (2).

[0025]

[Equation 4]

$$\begin{bmatrix} X^*W \\ Y^*W \\ Z^*W \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} X_W \\ Y_W \\ Z_W \end{bmatrix} \quad \cdot \quad (4)$$

[0026] It corrects. (XW, YW, ZW) Not the chromaticity XYZ coordinate value of the pixel of brightness max extracted from the former image by the initial self-luminous color extract section 11 itself but the value of Y of XYZ $(X*W, Y*W, Z*W)$ It normalizes so that it may become the same. That is, XYZ coordinate value extracted by the initial self-luminous color extract section 11 (X_I, Y_I, Z_I) If it carries out, it is count of the following formula (5). (XW, YW, ZW) It asks.

[0027]

[Equation 5]

$$\begin{aligned} k &= \frac{Y^*W}{Y_I} \\ X_W &= k \cdot X_I \\ Y_W &= k \cdot Y_I \\ Z_W &= k \cdot Z_I \end{aligned} \quad \cdot \quad (5)$$

[0028] This is the constraint of making brightness the same by the light source and the predetermined light source of a former image (the value of Y corresponds to brightness by the XYZ color system).

[0029] However, the right-hand side of a formula (4) (XW, YW, ZW) It extracts in approximation, and with the self-luminous color of the actual light source of a former image, since it is possible that it is also widely different, a right conversion result may not be obtained by conversion by the matrix M searched for from a formula (4). Then, Matrix M is searched for as a solution of the optimization problem with a constraint using Lagrange's method of undetermined multipliers as follows. a performance index is first depended on Matrix M (XW, YW, ZW) from $(X*W, Y*W, Z*W)$ The following formula showing a conversion error f -- it carries out.

[0030]

[Equation 6]

$$f(k_L, k_M, k_S) = \left(\begin{bmatrix} X^* \\ Y^* \\ Z^* \end{bmatrix} - M \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} \right)^2 \quad (6)$$

[0031] (XW, YW, ZW) If it is the true self-luminous color of the actual light source of a former image f Although the matrix M of a wish is acquired by minimizing (XW, YW, ZW) Since it extracts in approximation and the error is included, it is f. A mistaken conversion result may be brought in procession M acquired as a result of minimizing as it is.,

[0032] It is the following formula based on the information included in a former image in order to ease this (7). C It prepares as a constraint.

[0033]

[Equation 7]

$$C = \sum Y - \sum \{(0.14k_L - 0.14k_M)X + (0.26k_L + 0.74k_M)Y + (-0.03k_L + 0.03k_M)Z\} \quad (7)$$

[0034] X, Y, and Z in this formula (7) are the chromaticity-coordinate value of the pixel of a former image. sigma means that the sum about all pixels is taken. Since the 2nd sigma is the values of Y after conversion by M of the chromaticity-coordinate value of the pixel of a former image and it is the difference of this and total of the value of Y before conversion, the semantics of putting this C into a constraint means that brightness of a former image is made the same before and after conversion by Matrix M. This constraint C They are kL, kM, kS, and mu so that F of the following formula (8) made with the 4th parameter mu may be made into min as a performance index which can be set. It asks.

[0035]

[Equation 8]

$$F(k_L, k_M, k_S, \mu) = f(k_L, k_M, k_S) - \mu \cdot C(k_L, k_M, k_S) \quad (8)$$

[0036] Here, F is made into min. kL, kM, kS, and mu It is F in order to ask. kL, kM, kS, and mu A partial differential is carried out about each. 0 Four set equations are solved as simultaneous equations.

[0037]

[Equation 9]

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial k_L} &= \frac{\partial f}{\partial k_L} - \mu \frac{\partial C}{\partial k_L} = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial k_M} &= \frac{\partial f}{\partial k_M} - \mu \frac{\partial C}{\partial k_M} = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial k_S} &= \frac{\partial f}{\partial k_S} - \mu \frac{\partial C}{\partial k_S} = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial \mu} &= \frac{\partial f}{\partial \mu} - \mu \frac{\partial C}{\partial k_L} = 0 \end{aligned} \quad (9)$$

[0038] The four above-mentioned equations (9) kL, kM, kS, and mu It becomes the related simultaneous equation.

[0039] It is as follows when this is calculated.

[0040]

[Equation 10]

$$\frac{\partial f}{\partial k_L} = (2A1^2 + 2B1^2)k_L + (2A1 \cdot A2 + 2B1 \cdot B2)k_M + (2A1 \cdot A3 + 2B1 \cdot B3)k_S + 2A1 \cdot A4 + 2B1 \cdot B4$$

$$\frac{\partial f}{\partial k_M} = (2A1 \cdot A2 + 2B1 \cdot B2)k_L + (2A2^2 + 2A2^2)k_M + (2A2 \cdot A3 + 2B2 \cdot B3)k_S + 2A2 \cdot A4 + 2B2 \cdot B4 \quad \cdot \quad (10)$$

$$\frac{\partial f}{\partial k_S} = (2A1 \cdot A3 + 2B1 \cdot B3)k_L + (2A2 \cdot A3 + 2B2 \cdot B3)k_M + (2A3^2 + 2B3^2 + 2C1^2)k_S + 2A3 \cdot A4 + 2B3 \cdot B4 + 2C1 \cdot C5$$

$$\frac{\partial f}{\partial k_\mu} = 0$$

[0041] However, [0042]

[Equation 11]

$$A1 = -0.74X_w - 1.32Y_w + 0.15Z_w$$

$$A2 = -0.26X_w + 1.32Y_w + 0.05Z_w$$

$$A3 = -0.2Z_w$$

$$A4 = X_w^*$$

$$B1 = -0.14X_w - 0.26Y_w + 0.03Z_w \quad \cdot \quad (11)$$

$$B2 = 0.14X_w - 0.74Y_w - 0.03Z_w$$

$$B3 = Y_w^*$$

$$C1 = -Z_w$$

$$C2 = Z_w^*$$

[0043] It comes out.

[0044]

[Equation 12]

$$\frac{\partial C}{\partial k_L} = -R2$$

$$\frac{\partial C}{\partial k_M} = -R3 \quad \cdot \quad (12)$$

$$\frac{\partial C}{\partial k_S} = 0$$

[0045] However, the total number of pixels of an image S It carries out and is [0046].

[Equation 13]

$$R1 = \frac{1}{S} \sum Y$$

$$R2 = \frac{1}{S} \sum (0.14X + 0.26Y - 0.03Z) \quad \cdot \quad (13)$$

$$R3 = \frac{1}{S} \sum (-0.14X + 0.74Y + 0.03Z)$$

[0047] It comes out.

[0048] If these are substituted and it arranges further, said four simultaneous equations can be written like the following equation (14).

[0049]

[Equation 14]

$$\begin{bmatrix} a11 & a12 & a13 & a14 \\ a21 & a22 & a23 & a24 \\ a31 & a32 & a33 & a34 \\ a41 & a42 & a43 & a44 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_L \\ k_M \\ k_S \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b1 \\ b2 \\ b3 \\ b4 \end{bmatrix} \quad \cdot \quad (14)$$

[0050] Here, it is a coefficient matrix. a11-a44 And constant column vector b1-b4 It is the constant calculated as follows from the chromaticity-coordinate value of each pixel of predetermined light source self-luminous color data, the initial self-luminous color data of a former image, and a former image.

[0051]

[Equation 15]

$$\begin{aligned}
 a11 &= 2A1^2 + 2B1^2 \\
 a12 &= 2A1 \cdot A2 + 2B1 \cdot B2 \\
 a13 &= 2A1 \cdot A3 + 2B1 \cdot B3 \\
 a14 &= R2
 \end{aligned} \quad (15)$$

[0052]

[Equation 16]

$$\begin{aligned}
 a21 &= 2A1 \cdot A2 + 2B1 \cdot B2 \\
 a22 &= 2A2^2 + 2A2^2 \\
 a23 &= 2A2 \cdot A3 + 2B2 \cdot B3 \\
 a24 &= R3
 \end{aligned} \quad (16)$$

[0053]

[Equation 17]

$$\begin{aligned}
 a31 &= 2A1 \cdot A3 + 2B1 \cdot B3 \\
 a32 &= 2A2 \cdot A3 + 2B2 \cdot B3 \\
 a33 &= 2A3^2 + 2B3^2 + 2C1^2 \\
 a34 &= 0
 \end{aligned} \quad (17)$$

[0054]

[Equation 18]

$$\begin{aligned}
 a41 &= R2 \\
 a42 &= R3 \\
 a43 &= 0 \\
 a44 &= 0
 \end{aligned} \quad (18)$$

[0055]

[Equation 19]

$$\begin{aligned}
 b1 &= -2A1 \cdot A4 - 2B1 \cdot B4 \\
 b2 &= -2A2 \cdot A4 - 2B2 \cdot B4 \\
 b3 &= -2B3 \cdot B4 - 2C1 \cdot C5 \\
 b4 &= R1
 \end{aligned} \quad (19)$$

[0056] After all the processing performed by the Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 12 Predetermined light source self-luminous color data and former image self-luminous color data which are stored in the working-level month memory 14, And based on the chromaticity-coordinate value of each pixel of the former image 15, it is the matrix of an equation (14). a11-a44 And vector b1-b4 It calculates and simultaneous equations are solved. kL, kM, kS, and mu It asks and stores in the position of the working-level month memory 14. The former image transformation section 13 is the drawn parameter. kL, kM, and kS Using the substituted transformation matrix M, the chromaticity-coordinate value of each pixel of a former image is changed, and an output image is generated.

[0057] The processing flow of the color picture inverter of the gestalt of the first operation is shown in drawing 2. Step S201 In search of the pixel to which brightness becomes max from a former image by the initial self-luminous color extract section 11 (the value of Y of XYZ becomes max), it extracts as the initial self-luminous color first, and the XYZ coordinate value is stored in the predetermined field of the working-level month memory 14. Next, at step S202, it is a conversion parameter by the Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 12. kL, kM, and kS It draws and stores in the predetermined field of the working-level month memory 14. At step S203, it is a conversion parameter by the former image transformation section 13 to the last. kL, kM, and kS It is based, a former image is changed and an output image is generated. In addition, these processings may be memorized as a program of a computer.

[0058] As explained above, the highest pixel of possibility of being the self-luminous color according to the color picture inverter of the gestalt of the first operation is extracted from a former image, it considers as the initial self-luminous color, and a conversion parameter with which the performance index at the time of applying this initial self-luminous color and the predetermined light source self-luminous color to a visual chromatic adaptation model becomes

min is drawn, and a former image is changed into the thing under the predetermined light source based on this conversion parameter. Since it carries out by setting up a constraint based on the information which can obtain a near conversion result depending on how to see human being since conversion based on the chromatic adaptation model of human being's vision is performed, and is acquired from a former image on the occasion of derivation of a conversion parameter, the optimum solution in within the limits of the information which can be acquired from a former image can be acquired, and an accurate conversion result can be obtained.

[0059] The block diagram of the color picture inverter of the gestalt of the second operation is shown in drawing 3. Like the gestalt of the first operation, the former image 26 is changed into the thing under the predetermined light source, and the output image 27 after conversion is outputted. The initial self-luminous color extract section 21, the Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 23, the former image transformation section 24, and the working-level month memory 25 are the same as the thing in the gestalt of the first operation. With the gestalt of the second operation, parts equipped with the self-luminous color composition section 22 differ. Moreover, the illuminant principal component data and color matching function data for performing processing in the self-luminous color composition section 22 are beforehand stored in the predetermined field of the working-level month memory 25.

[0060] Actuation is explained about the gestalt of the second operation. First, the light source principal component data beforehand stored in the working-level month memory 25 are explained. About measurement of a color, it is together put in origin by physical quantity called the spectral energy distribution of light. That is, if the energy distribution for every wavelength of the light which has given the color is known, it is turned out what kind of color it is. Although the same is said of the color of the light source and drawing 10 shows the spectral distribution of the seven light sources, the situations of distribution differ by each. An axis of abscissa is wavelength.

[0061] Although it is spectral-distribution data with which modalities differ in each, it can be extracted when there is main fluctuation which lurks in common with seven variates (spectral-distribution data) by giving the statistical method called principal component analysis to this. As a result of performing principal component analysis to seven upper spectral-distribution data, three principal components shown in drawing 11 are extracted. the first principal component is the most typical fluctuation common to fluctuation of seven variates of a basis, and fluctuation with the second principal component typical to the second and the third principal component are typical to the third -- it changes and it can be said that it comes out. After the fourth principal component, since the contribution to seven fluctuation of a basis is low, it has ignored.

[0062] This first, The second, It is each about distribution of the third principal component. c_1 (lambda), c_2 (lambda), and c_3 (lambda) If it carries out (lambda: wavelength), the arbitration light source which has spectral distribution equipped with the property of the seven light sources of a basis like a formula (20) by the three sums with weight is compoundable.

[0063]

[Equation 20]

$$L_c(\lambda) = w_1 \cdot c_1(\lambda) + w_2 \cdot c_2(\lambda) + w_3 \cdot c_3(\lambda) \quad (20)$$

[0064] Light source principal component data obtained by principal component analysis with the gestalt of the second operation c_1 (lambda), c_2 (lambda), and c_3 (lambda) It stores in working-level month memory beforehand. c_1 (lambda), c_2 (lambda), and c_3 (lambda) What is necessary is to choose some typical things not only of the seven light sources shown in the previous example as an object of the principal component analysis for obtaining but the light sources which exist actually, and just to apply to it. Moreover, it is also possible to take the fourth principal component or subsequent ones into consideration if needed. Below, they are three principal components. c_1 (lambda), c_2 (lambda), and c_3 (lambda) It explains by the case where it uses. As an example of the light source principal component data beforehand stored in working-level month memory, as shown, for example in drawing 4, the value of the second and third principal component is stored for a start to each wavelength taken discretely [5nm spacing etc.].

[0065] spectral distribution L (lambda) it is -- chromaticity-coordinate value of light (X, Y, Z) It

cart ask by count of the following formula (21). Here, k is a multiplier for normalization.

[0066]

[Equation 21]

$$X = k \sum_{\lambda} L(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda)$$

$$Y = k \sum_{\lambda} L(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \quad (21)$$

$$Z = k \sum_{\lambda} L(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda)$$

[0067]

[Equation 22]

$$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda) \quad (22)$$

[0068] Here, a formula (22) is called a color matching function and also stores this in working-level month memory beforehand. As shown in drawing 4 as a storing format of color matching function data, the value over each wavelength taken discretely [5nm spacing etc.] is stored.

[0069] The initial self-luminous color extract section 21 stores the chromaticity-coordinate value in the working-level month memory 25 in search of the pixel to which brightness becomes max out of a former image. The Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 23 derives a conversion parameter based on the chromaticity-coordinate value of each pixel of the predetermined light source self-luminous color data stored in the working-level month memory 25, former image self-luminous color data, and a former image, and stores it in the position of the working-level month memory 25. The former image transformation section 24 changes the chromaticity-coordinate value of each pixel of a former image using the drawn conversion parameter, and generates an output image. Three processings are the same as that of the gestalt of the first operation above. With the gestalt of the second operation, the initial self-luminous color data of the former image stored in the working-level month memory 25 are updated by the self-luminous color composition section 22.

[0070] It is light source principal component data about the light source which makes the nearest chromaticity-coordinate value the self-luminous color in the self-luminous color composition section 22 with the initial self-luminous color extracted from the former image. c1 (lambda), c2 (lambda), and c3 (lambda) It compounds by the sum with weight and the initial self-luminous color extracted from the former image with the chromaticity-coordinate value of the synthetic self-luminous color is replaced. Spectral distribution of the synthetic light source Lc (lambda) A formula (20) is followed and it is weight. w1, w2, and w3 The initial self-luminous color and the self-luminous color which changed suitably, compounded and were extracted from the former image become the nearest. Lc (lambda) It searches. Weight w1, w2, and w3 As the approach of modification, it is the min defined beforehand. - It is good also as changing each of three values at a fixed step within the limits of max etc.

[0071] The processing flow of the self-luminous color composition section 22 is shown in drawing 5. chromaticity-coordinate value of the initial self-luminous color extracted from the former image (XW, YW, ZW) The self-luminous color of the synthetic light source (Xc, Yc, Zc) (XW, YW, ZW) (Xc, Yc, Zc) The minimum value of distance and distance D and Dmin It carries out. the initial self-luminous color (XW, YW, ZW) The self-luminous color of the synthetic light source in case distance serves as min (xc, yc, zc) ** -- it carries out. Weighting factor of the synthetic light source w1, w2, and w3 Combination of all the values at the time of changing each three by fixed unit width of face, if it attaches (XW, YW, ZW) (Xc, Yc, Zc) Processing which investigates distance is performed.

[0072] First, Dmin is initialized to -one at step S501. Next, they are weighting factors w1, w2, and w3 at step S502. One group is decided. Next, it is current at step S503. w1, w2, and w3 It follows and they are the spectral distribution of the synthetic light source from a formula (20). Lc (lambda) It asks. next, the step S504 -- Lc (lambda) from -- a formula (21) -- following -- the self-luminous color of the synthetic light source (Xc, Yc, Zc) It asks. this time -- normalization multiplier k ***** -- value of Y YW It is decided that it becomes equal. Namely, formula (23) (Xc, Yc, Zc) It calculates.

[0073]

[Equation 23]

$$k = \frac{Y_w}{\sum_{\lambda} L(\lambda) \cdot Y(\lambda)}$$

$$X = k \sum_{\lambda} L(\lambda) \cdot R(\lambda) \quad (23)$$

$$Y = Y_w$$

$$Z = k \sum_{\lambda} L(\lambda) \cdot B(\lambda)$$

[0074] Next, it is the initial self-luminous color at step S505. (Xw, Yw, Zw) Synthetic light source self-luminous color (Xc, Yc, Zc) Distance D is found. Distance D is calculated by the formula (24).

[0075]

[Equation 24]

$$D = (X_w - X_c)^2 + (Y_w - Y_c)^2 + (Z_w - Z_c)^2 \quad (24)$$

[0076] next, the step S506 -- Dmin -1 it is -- or -- or -- D<Dmin the case where it is that either -- step S507 -- progressing -- Dmin and -- (xc, yc, zc) It updates. It is a weighting factor at step S508. w1, w2, and w3 If there is the following combination, it will return to step S502. w1, w2, and w3 It updates and same processing is performed.

[0077] All w1, w2, and w3 Chromaticity-coordinate value of the initial self-luminous color which will progress to step S509 if combination is followed, and is stored in the working-level month memory 25 (xc, yc, zc) It updates. The self-luminous color coordinate value of the synthetic light source which has the initial self-luminous color extracted from the former image and the nearest self-luminous color by processing of the above self-luminous color composition section 22 is obtained.

[0078] Processing of the self-luminous color composition section 22 has the role which amends the initial self-luminous color extracted by the initial self-luminous color extract section 21. The initial self-luminous color extracted by the initial self-luminous color extract section 21 (Xw, Yw, Zw) It is extracted from a viewpoint that brightness is max in a former image, and it is possible that it is also widely different with the original self-luminous color of the light source at the time of former image photography. Illuminant principal component data are used in the self-luminous color composition section 22. (Xw, Yw, Zw) Synthetic illuminant approximated best Lc (lambda) It asks and is the self-luminous color. (xc, yc, zc) An initial self-luminous color is updated. The synthetic light source Lc (lambda) It is the initial self-luminous color in the form where the property of the light source which is equipped with the description of the light source which exists actually, and exists actually was met. (Xw, Yw, Zw) The included error can be amended.

[0079] The processing flow of the color picture inverter of the gestalt of the second operation is shown in drawing 6. First, in search of the pixel to which brightness becomes max from a former image by the initial self-luminous color extract section 21 at step S601, it extracts as the initial self-luminous color, and the XYZ coordinate value is stored in the predetermined field of the working-level month memory 25. Next, at step S602, the self-luminous color composition section 22 amends the initial self-luminous color, and the contents of the initial self-luminous color in the working-level month memory 25 are updated.

[0080] Next, it is a conversion parameter by the Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 23 at step S603. kL, kM, and kS It draws and stores in the predetermined field of the working-level month memory 25. To the last, it is a conversion parameter by the former image transformation section 24 at step S604. kL, kM, and kS It is based, a former image is changed and an output image is generated. Since subsequent processing is performed using the initial self-luminous color after amendment by the self-luminous color composition section, high conversion of precision is attained more.

[0081] As explained above, according to the color picture inverter of the gestalt of the second operation Extract the highest pixel of possibility of being the self-luminous color from a former image, and it considers as the initial self-luminous color. Furthermore amendment using composition of the light source of it is performed, a conversion parameter with which the

performance index at the time of applying the initial self-luminous color and predetermined light source self-luminous color after this amendment to a visual chromatic adaptation model becomes min is drawn, and a former image is changed into the thing under the predetermined light source. Therefore, since conversion based on the chromatic adaptation model of human being's vision is performed, a near conversion result can be obtained depending on how to see human being. Since a conversion parameter is derived based on the self-luminous color which amended in accordance with the property of the actual light source, the high conversion result of precision can be obtained more.

[0082] The block diagram of the color picture inverter of the gestalt of the third operation is shown in drawing 7. First, Like the gestalt of the second operation, the former image 77 is changed into the thing under the predetermined light source, and the output image 78 after conversion is outputted. The initial self-luminous color extract section 71, the self-luminous color composition section 73, the Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 74, the former image transformation section 75, and the working-level month memory 76 are the same as the thing in the gestalt of the second operation. With the gestalt of the third operation, parts equipped with the conversion parameter derivation control section 72 differ.

[0083] Actuation is explained about the gestalt of the third operation. To the former image self-luminous color data stored in the working-level month memory 76, the self-luminous color composition section 73 performs amendment using the synthetic illuminant by principal component data, and restores it in the working-level month memory 76 by using the self-luminous color after amendment as new former image self-luminous color data. The Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 74 derives a conversion parameter based on the chromaticity-coordinate value of each pixel of the predetermined light source self-luminous color data stored in the working-level month memory 76, former image self-luminous color data, and a former image, and stores it in the predetermined field of the working-level month memory 76. The conversion parameter derivation control section 72 controls actuation of both this processing section, and derives a conversion parameter.

[0084] The conversion parameter derivation control section 72 repeats processing of the self-luminous color composition section 73 and the Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 74, is performing it, and derives a conversion parameter until it reaches the terminating condition defined beforehand. The processing flow is shown in drawing 8. First, at step S801, the self-luminous color composition section 73 is processed, and the former image self-luminous color data stored in the working-level month memory 76 are updated. Next, at step S802, the Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 74 is processed, and a conversion parameter is derived. Next, after updating the former image self-luminous color explained below at step S803, a terminating condition is judged at step S804, and if a terminating condition is not reached yet, the processing same to step S801 as return is repeated. It will end, if the terminating condition is reached at step S804.

[0085] It is the predetermined light source self-luminous color by the matrix M of the formula (2) which substitutes for step S803 the conversion parameters kL, kM, and kS called for by the Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 74 at step S802, and is obtained. $W^* = (X^*w, Y^*w, Z^*w)$ At the chromaticity-coordinate value mapped, it is the former image self-luminous color. W0 It updates. That is, it is obtained by the following formulas (25). (X^*w, Y^*w, Z^*w) The new former image self-luminous color W1 It carries out and stores in the working-level month memory 76.

[0086]

[Equation 25]

$$\begin{bmatrix} X^*w \\ Y^*w \\ Z^*w \end{bmatrix} = M^{-1} \begin{bmatrix} X^*w \\ Y^*w \\ Z^*w \end{bmatrix} \quad \cdot \quad (25)$$

[0087] The semantics [the former image self-luminous color by the formula (25) in step S803] of updating is as follows. the matrix M acquired by one processing of the Lagrange method-of-

undetermined-multipliers operation part 74 — W0 from — W* it is a matrix showing perfect adaptation — ***** (the result of having given Matrix M to W0 is not necessarily in agreement with W*) — W0 It is an optimum solution at the time of assuming that it is the self-luminous color of a former image, and taking a constraint into consideration. Inverse transformation of this matrix M W* Chromaticity-coordinate value acquired by giving W1 In the model condition of a chromatic adaptation model which Matrix M expresses W* The pair of chromatic adaptation is accomplished (the result of having given Matrix M to W1 is in agreement with W*).

[0088] this — W1 Processing of the Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part 74 of the two-times eye after replacing the initial self-luminous color of a former image W1 The solution at the time of assuming that it is a former image self-luminous color is calculated. The same processing as the following is repeatedly performed until it reaches the terminating condition in step S804. As a terminating condition in step S804, they are steps S801 and S802. In the formula (25) in whether activation of processing exceeded the predetermined count of a repeat, and step S803 W0 W1 It is possible whether distance is smaller than a predetermined threshold.

[0089] Thus, the high conversion result of precision can be obtained more by repeating the Lagrange method of undetermined multipliers and deriving the conversion parameter, making the contents of the model condition before [one] being obtained as an optimum solution under a constraint reflect, and updating a former image self-luminous color.

[0090] The processing flow of the whole gestalt of the third operation is shown in drawing 9. First, at step S901, in search of the pixel to which brightness becomes max from a former image by the initial self-luminous color extract section 71, it extracts as the initial self-luminous color, and the XYZ coordinate value is stored in the predetermined field of the working-level month memory 76. Next, it is a conversion parameter by the conversion parameter derivation control section 72 at step S902. kL, kM, and kS Derivation is stored in the predetermined field in the deed working-level month memory 76 (it is the processing explained by the flow of drawing 8). To the last, it is a conversion parameter by the former image transformation section 75 at step S903. kL, kM, and kS It is based, a former image is changed and an output image is generated.

[0091] As explained above, according to the color picture inverter of the gestalt of the third operation, the highest pixel of possibility of being the self-luminous color is extracted from a former image, it considers as the initial self-luminous color, a conversion parameter with which the performance index at the time of applying this initial self-luminous color and the predetermined light source self-luminous color to a visual chromatic adaptation model becomes min is drawn, and a former image is changed into the thing under the predetermined light source. Since conversion based on the chromatic adaptation model of human being's vision is performed, a near conversion result can be obtained depending on how to see human being. Moreover, the high conversion result of precision can be obtained more by repeating and applying the Lagrange method of undetermined multipliers, and deriving a conversion parameter.

[0092]

[Effect of the Invention] This invention extracts the highest pixel of possibility of being the self-luminous color from a former image, makes it the initial self-luminous color, draws a conversion parameter with which the performance index at the time of applying this initial self-luminous color and the predetermined light source self-luminous color to a visual chromatic adaptation model becomes min, and changes a former image into the thing under the predetermined light source based on this conversion parameter.

[0093] Therefore, since it carries out by setting up a constraint based on the information which can obtain a near conversion result depending on how to see human being since conversion based on the chromatic adaptation model of human being's vision is performed, and is acquired from a former image on the occasion of derivation of a conversion parameter, the optimum solution in within the limits of the information which can be acquired from a former image can be acquired, and an accurate conversion result can be obtained.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of the color picture inverter of the gestalt of the first operation.

[Drawing 2] The processing flow of the color picture inverter of the gestalt of the first operation is shown.

[Drawing 3] It is the block diagram of the color picture inverter of the gestalt of the second operation.

[Drawing 4] An example of the light source principal component data beforehand stored in working-level month memory is shown.

[Drawing 5] The processing flow of the self-luminous color composition section is shown.

[Drawing 6] The processing flow of the color picture inverter of the gestalt of the second operation is shown.

[Drawing 7] It is the block diagram of the color picture inverter of the gestalt of the third operation.

[Drawing 8] The processing flow about the Lagrange method-of-undetermined-multipliers operation part is shown.

[Drawing 9] The processing flow of the whole gestalt of the third operation is shown.

[Drawing 10] The example of the spectral distribution of the seven light sources is shown.

[Drawing 11] The example of three extracted principal components is shown.

[Description of Notations]

- 11 Initial Self-luminous Color Extract Section
- 12 Lagrange Method-of-Undetermined-Multipliers Operation Part
- 13 Former Image Transformation Section
- 14 Working-level Month Memory
- 22 Self-luminous Color Composition Section

[Translation done.]

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力カラー画像から光源色を初期抽出色として抽出する初期光源色抽出手段と、該初期抽出色と入力される所定光源における光源色とに基づき、視覚の行列式として表現される色順応モデルのモデルパラメータを算出する色順応モデルパラメータ算出手段と、該モデルパラメータに基づき決定された色順応モデルにより、前記入力カラー画像を変換する画像変換手段とを有することを特徴とするカラー画像変換装置。

【請求項2】 所定の光源から、前記初期光源色抽出手段により抽出した前記抽出色と最も近い色を光源色とする光源を検索し、該検索された光源における光源色を前記初期抽出色とし、前記色順応モデルパラメータ算出手段に出力する抽出色合成手段を有する請求項1に記載のカラー画像変換装置。

【請求項3】 前記色順応モデルパラメータ算出手段により算出した前記モデルパラメータに基づき作成された色順応モデルの逆行列により判定色を作成する判定色作成手段を有し、前記判定色と前記初期抽出色の差が所定値以上であれば、前記判定色を前記初期抽出色と置換して前記抽出色合成手段に出力する請求項2に記載のカラー画像変換装置。

【請求項4】 前記抽出色合成手段での色検索は、複数の光源における分光分布データを主成分分析して得られた光源主成分データを使用する請求項2に記載のカラー画像変換装置。

【請求項5】 前記色順応モデルパラメータ算出手段は、前記モデルパラメータの誤差が最小となるようにパラメータを算出する請求項1に記載のカラー画像変換装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はカラー画像処理の分野に関わるもので、カラー画像を所定の光源下でのものへと変換する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年パソコンの高性能化、インターネットの急速な進展に伴い、世界各地のウェブサーバに蓄積された膨大な画像データにアクセスしてそれを自宅に居ながらにして鑑賞することが今や可能となった。それらの中にはフリーで使用出来るものも数多い。また、近年目覚しい普及を見せたデジタルカメラやスキャナなどの周辺機器からカラー画像を取り込んで使用することも今や日常的であり、カラープリンタがオフィスのみならず一般家庭へも急速に普及しつつあることを考えると、カラー画像をプリント出力するニーズは今後さらに増大していくと予想される。

【0003】 そのようなニーズの進展に伴い、カラー画像に対して所望の変換調整を施すためのフォトレタッチ

ソフトなどと呼ばれるソフトウェアも広く一般的となっている。そのようなソフトウェアでは、カラー画像の赤(R)、緑(G)、青(B)の各成分を強めたり弱めたり、あるいは画像全体の明るさを一律に上げたり下げたり、などの調整を行うことが出来る。これを用いることにより例えば、撮影時の環境条件(明る過ぎる、暗過ぎる、等)や機器に固有の癖(赤みがかかる、青みがかかる、等)などを画像を改めて撮り直す(スキャンし直す)ことなく事後に修正することが可能になる。これは画像のデジタル化によりもたらされる大きな利点であると言える。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 そして、事後の修正が可能であるという利点をさらに進めて、元のカラー画像に対し、含まれる対象物はそのままにそれをある所望の光源下で撮影したシーンへと変換することが出来れば、カラー画像の利用に対する大きな付加価値を生み出すことが出来ると考える。つまり例えば、ウェブ環境などを通じて入手することの出来る例えツタンカーメン像やモナリザの肖像画などの重要な文化財を対象物としたカラー画像に対し、さも実際にその光源下で撮影したかのような画像に変換した上で鑑賞することが出来れば、重要な文化財だけに実際には絶対に手を触れられないにも関わらずそのようなことが可能になるという点において、大きな付加価値であると言える。これをもし、先に述べた既存のフォトレタッチソフトでのR、G、B各色の強さや明るさの調整などの組み合わせによって実現しようとした場合、高度な感覚的操作による試行錯誤が必要となる。所定光源を指定するだけの自動処理により行えることが望まれるところである。

【0005】 特開平11-283025では、元のカラー画像に含まれる肌色部分の色分布を既知の光源下で撮影された肌色の分布と比較することにより元のカラー画像の光源を推定し、その上で元のカラー画像の肌色部分の画素または肌色以外の部分も含めた画像全体の色を所定光源下のものに変換する、という技術が記載されている。しかしながらこの技術では、元のカラー画像中の肌色部分の色分布をもとに光源の判定を行っており、元のカラー画像に必ず肌色部分が含まれていることを前提している。従って、生身の人物像のような画像に対しては良好に動作するものの、先のツタンカーメンやモナリザのような画像に対しては正しく動作し得ないものと考えられる。

【0006】 以上の問題点に着目し、本発明は、カラー画像に対し所定光源下での画像への変換を高い精度で行うことの出来るカラー画像変換装置を提供する。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明は、入力カラー画像から光源色を初期抽出色として抽出する初期光源色抽出手段と、該初期抽出色と入力される所定光源における光源色とに基づき、視覚の行列式として表現される色順

応モデルのモデルパラメータを算出する色順応モデルパラメータ算出手段と、該モデルパラメータに基づき作成された色順応モデルにより、前記入力カラー画像を変換する画像変換手段とを有するものである。

【0008】したがって、光源色である可能性の最も高い画素を元画像から抽出して初期光源色とし、該初期光源色および所定光源光源色とを視覚の色順応モデルに当てはめた場合の評価関数が最小になるような変換パラメータを導出して、該変換パラメータに基づいて元画像を所定光源下でのものに変換を行う。

【0009】

【発明の実施の形態】第一の実施の形態のカラー画像変換装置のブロック図を図1に示す。なお、この変換装置はコンピュータの一部を構成するものであってもよい。第一の実施の形態のカラー画像変換装置は、カラー画像をXYZ表色系で表現し、このカラー画像を構成する各画素を多値でメモリに格納したカラー画像（これより元画像という）15を所定光源下でのものに変換し、変換後の出力画像16を画素毎に多値でメモリに出力する。初期光源色抽出部11は、元画像15の中で光源色である可能性の最も高い画素を探してその色度座標値を作業用メモリ14に格納する。

【0010】ラグランジエ未定乗数法演算部12は、指定された所定光源の光源色色度座標値および初期光源色度座標値および元画像15の各画素の色度座標値をもとに、元画像を所定光源下でのものに変換するための変換パラメータを導出し、作業用メモリ14の所定の位置に格納する。変換パラメータは、カラーアピアレンスマルに組み込まれている視覚の色順応モデルのモデルパラメータである。該変換パラメータの導出に際しては、ラグランジエ未定乗数法を用いた拘束条件下での評価関数最小化の手法を用いる。詳しくは後述する。

【0011】元画像変換部13は、導出された変換パラメータに従って元画像15の変換を行い、出力画像16を出力する。作業用メモリ14は、指定された所定光源の光源色色度座標値、元画像から抽出された初期光源色の色度座標値、導出された変換パラメータを格納するための記憶領域である。

$$M = \begin{bmatrix} 0.74k_L + 0.26k_M & 1.32k_L - 1.32k_M \\ 0.14k_L - 0.14k_M & 0.26k_L + 0.74k_M \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

*

【0019】 k_L, k_M, k_S は人間の視覚特性に関わる変換パラメータである。人間の視覚には、明るさに対する明暗順応（例：暗がりの中で最初は辺りがよく見えない状態から次第に目が慣れて見えるようになっていく）と同様に、色に対しても適応的に感度を調節する機能がある。つまり、同一の物体色を持つ対象物を2つの異なる光源の下で観察した場合、光源の色が異なるので対象物表面で反射して人間の目に入る光のスペクトル自体は変

* 【0012】第一の実施の形態につき、動作を説明する。初期光源色抽出部11では、元画像15の中から、光源色つまり撮影時の光源の色と同じである可能性の最も高い画素を探し、その色度座標値を作業用メモリ14に格納する。光源色の候補としては、XYZ表色系における元画像の中で最大の明るさを持つ画素を探し初期光源色とする。ここでは、色度座標値としてはXYZ表色系でのベクトル (X, Y, Z) を用いる。

【0013】なお、色を表す場合、RGB表色系での (R, G, B) が通常よく用いられるが、計算上の都合よりXYZ表色系でのXYZ表現もよく用いられる。 (R, G, B) から (X, Y, Z) への変換は次の式（1）の行列演算により行うことが出来る。

【0014】

【数1】

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.7689 & 1.7517 & 1.1302 \\ 1 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0 & 0.0565 & 5.5943 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

【0015】初期光源色抽出部11では元画像の光源に関する情報を、初期光源色として近似的に抽出する。対して、変換先の所定光源に関する情報は、キーボードやマウスなど外部からの指定により与えられ、この指定に対応する光源色のXYZ座標値が作業用メモリの所定の領域に格納されるものとする。

【0016】ラグランジエ未定乗数法演算部12は、作業用メモリ14に格納されている所定光源光源色データおよび元画像光源色データ、および元画像の各画素の色度座標値をもとに、元画像を所定光源下でのものに変換するための変換パラメータを導出し作業用メモリ14の所定の位置に格納する。

【0017】さて、この変換パラメータは次のようにして導出される。所定光源下での画像への変換には、カラーアピアレンスマルに組み込まれている視覚の色順応モデルを用いる。以下これについて簡単に説明する。このモデルでは、以下の式（2）の色順応変換行列Mによって人間の視覚の色順応を記述する。

【0018】

【数2】

$$M = \begin{bmatrix} 0.74k_L + 0.26k_M & 1.32k_L - 1.32k_M \\ 0.14k_L - 0.14k_M & 0.26k_L + 0.74k_M \\ -0.15k_L - 0.05k_M + 0.2k_S \\ -0.03k_L + 0.03k_M \\ k_S \end{bmatrix} \quad (2)$$

化するにも関わらず、光源の色の変化をキャンセルする方向へ感度を調節して対象物の元来の色を恒常的に知覚出来るようにする、色順応と呼ばれる機能がある。

【0020】2つの異なる光源Aおよび光源Bの光源色XYZ座標値をそれぞれ (X^A, Y^A, Z^A) , (X^B, Y^B, Z^B) としたとき、次の式（3）を考える。

【0021】

【数3】

* XYZ座標値を (X_I, Y_I, Z_I) とすると、次の式(5)の計算により (X_w, Y_w, Z_w) を求める。

【0027】

【数5】

$$\begin{aligned} k &= \frac{Y_w}{Y_I} \\ X_w &= k \cdot X_I \\ Y_w &= k \cdot Y_I \\ Z_w &= k \cdot Z_I \end{aligned} \quad (5)$$

【0022】これより得られる3つの連立方程式を解くことにより、 k_L, k_V, k_S の値が一組決まる。この k_L, k_V, k_S を代入して得られる行列Mの意味するところは、光源が光源Aから光源Bへと変わった際に視覚の色順応が起こった結果の視覚の感度変化の様子を表すと言える。

従って、光源Aの下での物体色の色度座標値に対して行列Mを施すことにより、同じ物体色を光源Aから光源Bへの色順応により人間が知覚する色度座標値を得ることが出来る。本発明では、元画像を所定光源下でのものに変換するにあたり、式(2)の行列Mを用いて行う。これにより、人間の見え方により近い変換結果を得ることが出来る。

【0023】ラグランジエ未定乗数法演算部12では、作業用メモリ14に格納されている所定光源光源色データおよび元画像光源色データ、および元画像の各画素の色度座標値をもとに、元画像を所定光源下でのものに変換するための変換パラメータ k_L, k_V, k_S を導出し作業用メモリ14の所定の位置に格納する。 k_L, k_V, k_S の導出は以下のようにして行う。

【0024】元画像の初期光源色データ、および所定光源光源色データとをそれぞれ (X_I, Y_I, Z_I) 、 (X'_I, Y'_I, Z'_I) とすると、 (X_I, Y_I, Z_I) から (X'_I, Y'_I, Z'_I) への行列Mは、次の式(4)として得られる連立方程式から求められる k_L, k_V, k_S を式(2)に代入すれば得られる。

【0025】

【数4】

$$\begin{bmatrix} X_w^* \\ Y_w^* \\ Z_w^* \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} X_I \\ Y_I \\ Z_I \end{bmatrix} \quad (4)$$

【0026】ただし (X_I, Y_I, Z_I) は初期光源色抽出部11により元画像から抽出された明るさ最大の画素の色度XYZ座標値そのものではなく、XYZのYの値が (X'_I, Y'_I, Z'_I) と同じになるように正規化を行ったものである。つまり、初期光源色抽出部11により抽出された*

$$C = \sum Y - \sum \{(0.14k_L - 0.14k_M)X + (0.26k_L + 0.74k_M)Y + (-0.03k_L + 0.03k_M)Z\} \quad (7)$$

【0034】この式(7)中のX, Y, Zは元画像の画素の色度座標値である。Σは全ての画素についての和を取るという意味である。2つ目のΣは、元画像の画素の色度座標値のMによる変換後のYの値であり、これと変換前のYの値の総和との差であるから、このCを拘束条件に入れるこの意味は、行列Mによる変換の前後で元画像の明るさを同じにするという意味である。この拘束条件Cにおける評価関数として、第4パラメータ μ とともに作られる次の式(8)のFを最小にするように、

【0028】これは、元画像の光源と所定光源とで明るさを同じにするという拘束条件である(XYZ表色系でYの値が明るさに対応する)。

【0029】しかしながら式(4)の右辺の (X_I, Y_I, Z_I) は近似的に抽出したものであり、元画像の実際の光源の光源色とはかけ離れていることも有り得るので、式(4)から求められる行列Mによる変換では正しい変換結果が得られない可能性がある。そこで次のようにして、ラグランジエの未定乗数法を用いた拘束条件付きの最適化問題の解として行列Mを求める。まず評価関数を、行列Mによる (X_I, Y_I, Z_I) から (X'_I, Y'_I, Z'_I) への変換誤差を表す次の式の f とする。

【0030】

【数6】

$$f(k_L, k_M, k_S) = \left(\begin{bmatrix} X_w^* \\ Y_w^* \\ Z_w^* \end{bmatrix} - M \begin{bmatrix} X_I \\ Y_I \\ Z_I \end{bmatrix} \right)^2 \quad (6)$$

【0031】 (X_I, Y_I, Z_I) が元画像の実際の光源の真の光源色であれば f を最小化することによって望みの行列Mが得られるが、 (X_I, Y_I, Z_I) は近似的に抽出したものであり誤差を含んでいるので、f をこのまま最小化した結果得られる行列Mでは誤った変換結果となる可能性がある。

【0032】これを緩和するために、元画像に含まれる情報をもとに次の式(7)の C を拘束条件として設ける。

【0033】

【数7】

$$F(k_L, k_M, k_S, \mu) = f(k_L, k_M, k_S) - \mu \cdot C(k_L, k_M, k_S) \quad (8)$$

【0036】ここで、Fを最小にする k_L, k_M, k_S, μ を求めるには、Fを k_L, k_M, k_S, μ のそれぞれについて偏微分して 0 とおいた4つの式を連立方程式として解く。

50 【0037】

k_L, k_M, k_S, μ を求める。

【0035】

【数8】

$$F(k_L, k_M, k_S, \mu) = f(k_L, k_M, k_S) - \mu \cdot C(k_L, k_M, k_S) \quad (8)$$

【0036】ここで、Fを最小にする k_L, k_M, k_S, μ を求めるには、Fを k_L, k_M, k_S, μ のそれぞれについて偏微分して 0 とおいた4つの式を連立方程式として解く。

【数9】

$$\begin{aligned}\frac{\partial F}{\partial k_L} &= \frac{\partial f}{\partial k_L} - \mu \frac{\partial C}{\partial k_L} = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial k_M} &= \frac{\partial f}{\partial k_M} - \mu \frac{\partial C}{\partial k_M} = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial k_S} &= \frac{\partial f}{\partial k_S} - \mu \frac{\partial C}{\partial k_S} = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial \mu} &= \frac{\partial f}{\partial \mu} - \mu \frac{\partial C}{\partial k_L} = 0\end{aligned}\quad (9)$$

* 【0038】上記4つの式(9)は k_L, k_M, k_S, μ に関する連立一次方程式となる。

【0039】これを計算すると以下のようにになる。

【0040】

【数10】

$$\frac{\partial f}{\partial k_L} = (2A1^2 + 2B1^2)k_L + (2A1 \cdot A2 + 2B1 \cdot B2)k_M + (2A1 \cdot A3 + 2B1 \cdot B3)k_S + 2A1 \cdot A4 + 2B1 \cdot B4$$

$$\frac{\partial f}{\partial k_M} = (2A1 \cdot A2 + 2B1 \cdot B2)k_L + (2A2^2 + 2A2^2)k_M + (2A2 \cdot A3 + 2B2 \cdot B3)k_S + 2A2 \cdot A4 + 2B2 \cdot B4 \quad (10)$$

$$\frac{\partial f}{\partial k_S} = (2A1 \cdot A3 + 2B1 \cdot B3)k_L + (2A2 \cdot A3 + 2B2 \cdot B3)k_M + (2A3^2 + 2B3^2 + 2C1^2)k_S + 2A3 \cdot A4 + 2B3 \cdot B4 + 2C1 \cdot C5$$

$$\frac{\partial f}{\partial \mu} = 0$$

【0041】但し

【0042】

【数11】

$$A1 = -0.74X_w - 1.32Y_w + 0.15Z_w$$

$$A2 = -0.26X_w + 1.32Y_w + 0.05Z_w$$

$$A3 = -0.2Z_w$$

$$A4 = X_w^*$$

$$B1 = -0.14X_w - 0.26Y_w + 0.03Z_w \quad (11)$$

$$B2 = 0.14X_w - 0.74Y_w - 0.03Z_w$$

$$B3 = Y_w^*$$

$$C1 = -Z_w$$

$$C2 = Z_w^*$$

【0043】である。

【0044】

【数12】

$$\begin{aligned}\frac{\partial C}{\partial k_L} &= -R2 \\ \frac{\partial C}{\partial k_M} &= -R3 \quad (12) \\ \frac{\partial C}{\partial k_S} &= 0\end{aligned}$$

【0045】但し、画像の全画素数を S とし

【0046】

【数13】

$$R1 = \frac{1}{S} \sum Y$$

$$R2 = \frac{1}{S} \sum (0.14X + 0.26Y - 0.03Z) \quad (13)$$

$$R3 = \frac{1}{S} \sum (-0.14X + 0.74Y + 0.03Z)$$

【0049】

【数14】

$$\begin{bmatrix} a11 & a12 & a13 & a14 \\ a21 & a22 & a23 & a24 \\ a31 & a32 & a33 & a34 \\ a41 & a42 & a43 & a44 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_L \\ k_M \\ k_S \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b1 \\ b2 \\ b3 \\ b4 \end{bmatrix} \quad (14)$$

【0050】ここで、係数行列 $a11 \sim a44$ および定数列ベクトル $b1 \sim b4$ は、所定光源光源色データ、元画像の初期光源色データ、および元画像の各画素の色度座標値とから以下のように計算される定数である。

【0051】

【数15】

$$\begin{aligned}a11 &= 2A1^2 + 2B1^2 \\ a12 &= 2A1 \cdot A2 + 2B1 \cdot B2 \\ a13 &= 2A1 \cdot A3 + 2B1 \cdot B3 \\ a14 &= R2\end{aligned} \quad (15)$$

【0052】

【数16】

$$\begin{aligned}a21 &= 2A1 \cdot A2 + 2B1 \cdot B2 \\ a22 &= 2A2^2 + 2A2^2 \\ a23 &= 2A2 \cdot A3 + 2B2 \cdot B3 \\ a24 &= R3\end{aligned} \quad (16)$$

【0053】

【数17】

$$\begin{aligned}a31 &= 2A1 \cdot A3 + 2B1 \cdot B3 \\ a32 &= 2A2 \cdot A3 + 2B2 \cdot B3 \\ a33 &= 2A3^2 + 2B3^2 + 2C1^2 \\ a34 &= 0\end{aligned} \quad (17)$$

40

【0054】

【数18】

【0047】である。

【0048】これらを代入してさらに整理すると、前記

4つの連立方程式は次の式(14)のように書ける。

50

9
 $a41 = R2$
 $a42 = R3$
 $a43 = 0$
 $a44 = 0$

(18)

【0055】

【数19】

$b1 = -2A1 \cdot A4 - 2B1 \cdot B4$
 $b2 = -2A2 \cdot A4 - 2B2 \cdot B4$
 $b3 = -2B3 \cdot B4 - 2C1 \cdot C5$
 $b4 = R1$

(19)

【0056】結局、ラグランジェ未定乗数法演算部12で行う処理は、作業用メモリ14に格納されている所定光源光源色データおよび元画像光源色データ、および元画像15の各画素の色度座標値をもとに、式(14)の行列a11~a44およびベクトルb1~b4を計算して連立方程式を解いて k_L, k_W, k_S, μ を求めて、作業用メモリ14の所定の位置に格納する。元画像変換部13は、導出されたパラメータ k_L, k_W, k_S を代入した変換行列Mを用いて、元画像の各画素の色度座標値を変換し、出力画像を生成する。

【0057】図2に、第一の実施の形態のカラー画像変換装置の処理フローを示す。ステップS201でまず、初期光源色抽出部11により元画像から明るさが最大になる(XYZのYの値が最大になる)画素を探して初期光源色として抽出し、そのXYZ座標値を作業用メモリ14の所定の領域に格納する。次にステップS202で、ラグランジェ未定乗数法演算部12により変換パラメータ k_L, k_W, k_S を導出して、作業用メモリ14の所定の領域に格納する。最後にステップS203では、元画像変換部13により、変換パラメータ k_L, k_W, k_S に基づいて元画像を変換し、出力画像を生成する。なお、これらの処理は、コンピュータのプログラムとして記憶されてもよい。

【0058】以上説明したように第一の実施の形態のカラー画像変換装置によれば、光源色である可能性の最も高い画素を元画像から抽出して初期光源色とし、該初期光源色および所定光源光源色とを視覚の色順応モデルに当てはめた場合の評価関数が最小になるような変換パラメータを導出して、該変換パラメータに基づいて元画像を所定光源下でのものに変換を行う。人間の視覚の色順応モデルに基づいた変換を行うので人間の見え方により近い変換結果を得ることが出来、また変換パラメータの導出に際しては元画像から得られる情報をもとに拘束条件を設定して行うので、元画像より得ることの出来る情報の範囲内での最適解を得ることが出来、精度の良い変換結果を得ることが出来る。

【0059】第二の実施の形態のカラー画像変換装置のブロック図を図3に示す。第一の実施の形態と同様に、元画像26を所定光源下でのものに変換し、変換後の出力画像27を出力する。初期光源色抽出部21、ラグランジェ未定乗数法演算部23、元画像変換部24、作業

用メモリ25は第一の実施の形態でのものと同じである。第二の実施の形態では、光源色合成部22を備える部分が異なる。また作業用メモリ25の所定の領域に、光源色合成部22での処理を行うための光源主成分データおよび等色関数データをあらかじめ格納しておく。

【0060】第二の実施の形態につき、動作を説明する。まず、作業用メモリ25にあらかじめ格納しておく光源主成分データについて説明する。色の測定に関しては、根源的には光の分光エネルギー分布という物理量に集約される。つまり、その色を与えている光の波長ごとのエネルギー分布がわかればそれがどのような色であるかがわかる。光源の色についても同様であり、図10は7つの光源の分光分布を示したものであるが、それぞれで分布の様子が異なっている。横軸が波長である。

【0061】それぞれに様相の異なる分光分布データであるが、これに対して主成分分析と呼ばれる統計的手法を施すことにより、7つの変量(分光分布データ)に共通して潜む主要な変動がある場合、それを抽出することが出来る。上の7つの分光分布データに対して主成分分析を行った結果、図11に示す3つの主成分が抽出される。第一主成分とは、もとの7つの変量の変動に共通する最も代表的な変動であり、第二主成分は二番目に代表的な変動、第三主成分は三番目に代表的な変動、であるということが出来る。第四主成分以降はもとの7つの変動に対する寄与率が低いので無視している。

【0062】この第一、第二、第三主成分の分布をそれぞれ $c_1(\lambda), c_2(\lambda), c_3(\lambda)$ とすると(λ :波長)、3つの重み付き和によって、式(20)のように、もとの7つの光源の特性を備えた分光分布を持つ任意光源を合成することが出来る。

【0063】

【数20】

$$L(\lambda) = w_1 \cdot c_1(\lambda) + w_2 \cdot c_2(\lambda) + w_3 \cdot c_3(\lambda) \quad (20)$$

【0064】第二の実施の形態では、主成分分析によって得られた光源主成分データ $c_1(\lambda), c_2(\lambda), c_3(\lambda)$ を作業用メモリにあらかじめ格納しておく。 $c_1(\lambda), c_2(\lambda), c_3(\lambda)$ を得るための主成分分析の対象としては先の例に示した7つの光源に限らず、現実に存在する光源のうちの代表的なものをいくつか選んでそれに対して適用すればよい。また必要に応じて第四主成分以降も考慮に入れることも可能である。以下では3つの主成分 $c_1(\lambda), c_2(\lambda), c_3(\lambda)$ を用いる場合で説明していく。作業用メモリにあらかじめ格納される光源主成分データの一例としては、例えば図4に示すように、5nm間隔などの離散的に取った各波長に対する第一、第二、第三主成分の値を格納する。

【0065】分光分布が $L(\lambda)$ である光の色度座標値(X, Y, Z)は次の式(21)の計算で求めることが出来る。ここで、 w は正規化のための係数である。

【0066】

【数21】

$$\begin{aligned} X &= k \sum_{\lambda} L(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \\ Y &= k \sum_{\lambda} L(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \\ Z &= k \sum_{\lambda} L(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \end{aligned} \quad (21)$$

【0067】

【数22】

$$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda) \quad (22)$$

【0068】ここで、式(22)は等色関数と呼ばれるもので、これも作業用メモリにあらかじめ格納しておく。等色関数データの格納形式としては例えば図4に示すように、5nm間隔などの離散的に取った各波長に対する値を格納する。

【0069】初期光源色抽出部21は、元画像の中から明るさが最大になる画素を探してその色度座標値を作業用メモリ25に格納する。ラグランジ未定乗数法演算部23は、作業用メモリ25に格納されている所定光源光源色データおよび元画像光源色データ、および元画像の各画素の色度座標値をもとに変換パラメータを導出しある作業用メモリ25の所定の位置に格納する。元画像変換部24は、導出された変換パラメータを用いて元画像の各画素の色度座標値を変換し、出力画像を生成する。以上3つの処理は第一の実施の形態と同様である。第二の実施の形態では、光源色合成部22により、作業用メモリ25に格納されている元画像の初期光源色データの更新を行う。

【0070】光源色合成部22では、元画像から抽出した初期光源色と最も近い色度座標値を光源色とする光源を、光源主成分データ $c_1(\lambda), c_2(\lambda), c_3(\lambda)$ の重み付き和によって合成し、その合成光源色の色度座標値によって元画像から抽出した初期光源色を置き換える。合成光源の分光分布 $L_c(\lambda)$ は式(20)に従い、重み w_1, w_2, w_3 を適宜変えて合成し元画像から抽出した初期光源色と光源色が最も近くなる $L_c(\lambda)$ を探す。重み w_1, w_2, w_3 の変更の方法としては、あらかじめ定めた最小一最大の範囲内で3つそれぞれの値を一定ステップで変化させていく、などとしてもよい。

【0071】光源色合成部22の処理フローを図5に示す。元画像から抽出された初期光源色の色度座標値を (X_r, Y_r, Z_r) 、合成光源の光源色を (X_c, Y_c, Z_c) 、 (X_r, Y_r, Z_r) と (X_c, Y_c, Z_c) の距離および距離の最小値を D, D_{min} とし、初期光源色 (X_r, Y_r, Z_r) との距離が最小となるときの合成光源の光源色を (x_c, y_c, z_c) とする。合成光源の重み係数 w_1, w_2, w_3 については、3つそれぞれを一定の刻み幅で変化させた場合の全ての値の組み合わせについて (X_r, Y_r, Z_r) と (X_c, Y_c, Z_c) の距離を調べる処理を行う。

【0072】まず、ステップS501で D_{min} を-1に初期化す

る。次に、ステップS502で重み係数 w_1, w_2, w_3 の組を1つ決める。次に、ステップS503で、現在の w_1, w_2, w_3 に従って式(20)より合成光源の分光分布 $L_c(\lambda)$ を求める。次に、ステップS504で、 $L_c(\lambda)$ から式(21)に従って合成光源の光源色 (X_c, Y_c, Z_c) を求める。このとき正規化係数 k としては、Yの値が Y_r と等しくなるように決める。すなわち、式(23)のように (X_c, Y_c, Z_c) を計算する。

【0073】

【数23】

$$\begin{aligned} k &= \frac{Y_r}{\sum_{\lambda} L(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda)} \\ X &= k \sum_{\lambda} L(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \\ Y &= Y_r \\ Z &= k \sum_{\lambda} L(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \end{aligned} \quad (23)$$

【0074】次に、ステップS505で、初期光源色 (X_r, Y_r, Z_r) と合成光源光源色 (X_c, Y_c, Z_c) との距離 D を求める。距離 D は式(24)により計算する。

【0075】

【数24】

$$D = (X_r - X_c)^2 + (Y_r - Y_c)^2 + (Z_r - Z_c)^2 \quad (24)$$

【0076】次にステップS506で、 D_{min} が-1であるかまたは $D < D_{min}$ かのいずれかである場合はステップS507に進み、 D_{min} および (X_c, Y_c, Z_c) の更新を行う。ステップS508で重み係数 w_1, w_2, w_3 の次の組み合わせがあれば、またステップS502に戻って w_1, w_2, w_3 を更新して、同様の処理を行う。

【0077】全ての w_1, w_2, w_3 の組み合わせについて行ったならばステップS509に進み、作業用メモリ25に格納されている初期光源色の色度座標値を (x_c, y_c, z_c) で更新する。以上の光源色合成部22の処理により、元画像から抽出された初期光源色と最も近い光源色を持つ合成光源の光源色座標値が得られる。

【0078】光源色合成部22の処理は、初期光源色抽出部21によって抽出された初期光源色を補正する役割を持つ。初期光源色抽出部21によって抽出された初期光源色 (X_r, Y_r, Z_r) は元画像において明るさが最大であるという観点から抽出されたものであり、元画像撮影時の光源の本来の光源色とかけ離れていることも有り得る。光源色合成部22では、光源主成分データを用いて (X_r, Y_r, Z_r) を最も良く近似する合成光源 $L_c(\lambda)$ を求めてその光源色 (x_c, y_c, z_c) で初期光源色を更新する。合成光源 $L_c(\lambda)$ は現実に存在する光源の特徴を備えたものであり、現実に存在する光源の特性に沿ったかたちで初期光源色 (X_r, Y_r, Z_r) の含んでいる誤差を補正することが出来る。

【0079】第二の実施の形態のカラー画像変換装置の処理フローを図6に示す。まず、ステップS601で初期光源色抽出部21により元画像から明るさが最大になる画素を探して初期光源色として抽出し、そのXYZ座標値

を作業用メモリ25の所定の領域に格納する。次に、ステップS602で、光源色合成部22により初期光源色の補正を行い、作業用メモリ25内の初期光源色の内容を更新する。

【0080】次に、ステップS603で、ラグランジェ未定乗数法演算部23により変換パラメータ k_L, k_H, k_S を導出して、作業用メモリ25の所定の領域に格納する。最後に、ステップS604で、元画像変換部24により、変換パラメータ k_L, k_H, k_S に基づいて元画像を変換し、出力画像を生成する。光源色合成部による補正後の初期光源色を用いてその後の処理を行うのでより精度の高い変換が可能になる。

【0081】以上説明したように、第二の実施の形態のカラー画像変換装置によれば、光源色である可能性の最も高い画素を元画像から抽出して初期光源色とし、さらにそれを光源の合成を用いた補正を行い、該補正後の初期光源色および所定光源光源色とを視覚の色順応モデルに当てはめた場合の評価関数が最小になるような変換パラメータを導出して、元画像を所定光源下でのものに変換を行う。したがって、人間の視覚の色順応モデルに基づいた変換を行うので人間の見え方により近い変換結果を得ることが出来る。実際の光源の特性に沿って補正を施した光源色を元に変換パラメータの導出を行うので、より精度の高い変換結果を得ることが出来る。

【0082】第三の実施の形態のカラー画像変換装置のブロック図を図7に示す。第一、第二の実施の形態と同様、元画像77を所定光源下でのものに変換し変換後の出力画像78を出力する。初期光源色抽出部71、光源色合成部73、ラグランジェ未定乗数法演算部74、元画像変換部75、作業用メモリ76は、第二の実施の形態でのものと同じである。第三の実施の形態では、変換パラメータ導出制御部72を備える部分が異なる。

【0083】第三の実施の形態につき、動作を説明する。光源色合成部73は、作業用メモリ76に格納されている元画像光源色データに対し、主成分データによる合成光源を用いての補正を施し、補正後の光源色を新たな元画像光源色データとして作業用メモリ76に格納し直す。ラグランジェ未定乗数法演算部74は、作業用メモリ76に格納されている所定光源光源色データおよび元画像光源色データ、および元画像の各画素の色度座標値をもとに変換パラメータを導出し作業用メモリ76の所定の領域に格納する。変換パラメータ導出制御部72は、この両処理部の動作を制御して変換パラメータの導出を行う。

【0084】変換パラメータ導出制御部72は、あらかじめ定めた終了条件に達するまで、光源色合成部73およびラグランジェ未定乗数法演算部74の処理を繰り返し行って変換パラメータを導出する。その処理フローを図8に示す。まず、ステップS801では光源色合成部73の処理を行い、作業用メモリ76に格納されている元画

像光源色データの更新を行う。次に、ステップS802で、ラグランジェ未定乗数法演算部74の処理を行い変換パラメータを導出する。次に、ステップS803で以下に説明する元画像光源色の更新処理を行った後、ステップS804で終了条件を判定し、まだ終了条件に達していないければステップS801に戻り同様の処理を繰り返す。ステップS804で終了条件に達していれば終了する。

【0085】ステップS803では、ステップS802でラグランジェ未定乗数法演算部74により求められた変換パラメータ k_L, k_H, k_S を代入して得られる式(2)の行列Mによって所定光源光源色 $W^* = (X^*, Y^*, Z^*)$ へと写像される色度座標値で、元画像光源色 W_0 を更新する。すなわち、以下の式(25)で得られる (X^*, Y^*, Z^*) を、新たな元画像光源色 W_1 として作業用メモリ76に格納する。

【0086】

【数25】

$$\begin{bmatrix} X^* \\ Y^* \\ Z^* \end{bmatrix} = M^{-1} \begin{bmatrix} X^*_{W_0} \\ Y^*_{W_0} \\ Z^*_{W_0} \end{bmatrix} \quad (25)$$

【0087】ステップS803での、式(25)による元画像光源色の更新の意味は次の通りである。ラグランジェ未定乗数法演算部74の一回の処理によって得られる行列Mは、 W_0 から W^* への完全な順応を表す行列となっているとは限らない(W_0 に行列Mを施した結果が W^* と一致するとは限らない)が、 W_0 を元画像の光源色と仮定し拘束条件を考慮した場合の最適解である。該行列Mの逆変換を W^* に施すことにより得られる色度座標値 W_1 は、行列Mの表す色順応モデルのモデル状態において W^* と色順応の対を成すものである(W_1 に行列Mを施した結果は W^* と一致する)。

【0088】この W_1 で元画像の初期光源色を置き換えた後、二回目のラグランジェ未定乗数法演算部74の処理により W_1 を元画像光源色と仮定した場合の解を求める。以下同様の処理を、ステップS804での終了条件とすれば、ステップS801、S802の処理の実行が所定の繰り返し回数を越えたかどうか、あるいはステップS803での式(25)において W_0 と W_1 の距離が所定のしきい値より小さいかどうか、などが考えられる。

【0089】このように、拘束条件下での最適解として得られた1つ前のモデル状態の内容を反映させて元画像光源色を更新しながらラグランジェ未定乗数法を繰り返し変換パラメータの導出を行っていくことにより、より精度の高い変換結果を得ることが出来る。

【0090】第三の実施の形態の全体の処理フローを図9に示す。まず、ステップS901で、初期光源色抽出部71により元画像から明るさが最大になる画素を探して初期光源色として抽出し、そのXYZ座標値を作業用メモ

リ76の所定の領域に格納する。次に、ステップS902で、変換パラメータ導出制御部72により変換パラメタ k_L, k_H, k_S の導出を行い作業用メモリ76内の所定の領域に格納する(図8のフローで説明した処理である)。最後に、ステップS903で、元画像変換部75により、変換パラメータ k_L, k_H, k_S に基づいて元画像を変換し出力画像を生成する。

【0091】以上説明したように、第三の実施の形態のカラー画像変換装置によれば、光源色である可能性の最も高い画素を元画像から抽出して初期光源色とし、該初期光源色および所定光源光源色とを視覚の色順応モデルに当てはめた場合の評価関数が最小になるような変換パラメータを導出して、元画像を所定光源下でのものに変換を行う。人間の視覚の色順応モデルに基づいた変換を行うので人間の見え方により近い変換結果を得ることが出来る。また、ラグランジェ未定乗数法を繰り返し適用して変換パラメータの導出を行うことにより、より精度の高い変換結果を得ることが出来る。

【0092】

【発明の効果】本発明は、光源色である可能性の最も高い画素を元画像から抽出して初期光源色とし、該初期光源色および所定光源光源色とを視覚の色順応モデルに当てはめた場合の評価関数が最小になるような変換パラメータを導出して、該変換パラメータに基づいて元画像を所定光源下でのものに変換を行う。

【0093】したがって、人間の視覚の色順応モデルに基づいた変換を行うので人間の見え方により近い変換結果を得ることが出来、また変換パラメータの導出に際しては元画像から得られる情報をもとに拘束条件を設定し*

*で行うので、元画像より得ることの出来る情報の範囲内での最適解を得ることが出来、精度の良い変換結果を得ることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】第一の実施の形態のカラー画像変換装置のプロック図である。

【図2】第一の実施の形態のカラー画像変換装置の処理フローを示す。

【図3】第二の実施の形態のカラー画像変換装置のプロック図である。

【図4】作業用メモリにあらかじめ格納される光源主成分データの一例を示す。

【図5】光源色合成部の処理フローを示す。

【図6】第二の実施の形態のカラー画像変換装置の処理フローを示す

【図7】第三の実施の形態のカラー画像変換装置のプロック図である。

【図8】ラグランジェ未定乗数法演算部に関する処理フローを示す

【図9】第三の実施の形態の全体の処理フローを示す

【図10】7つの光源の分光分布の例を示す。

【図11】抽出された3つの主成分の例を示す。

【符号の説明】

11 初期光源色抽出部

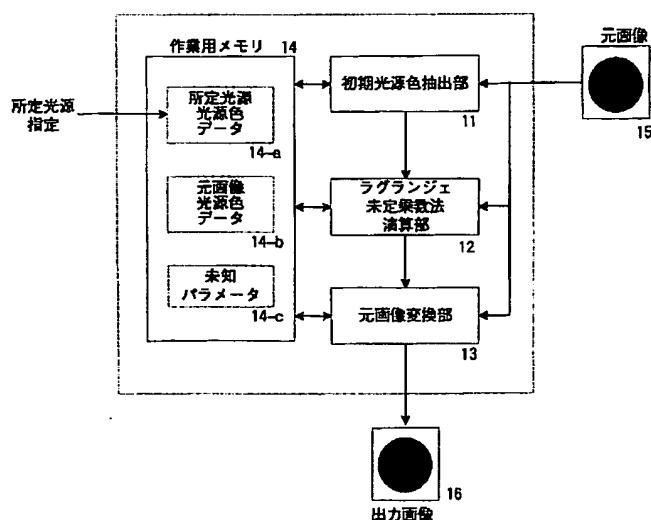
12 ラグランジェ未定乗数法演算部

13 元画像変換部

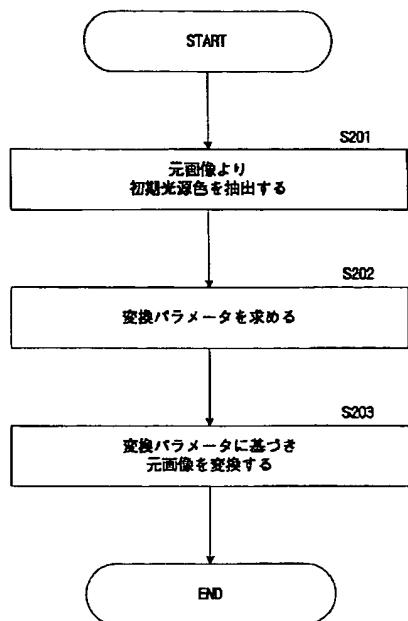
14 作業用メモリ

22 光源色合成部

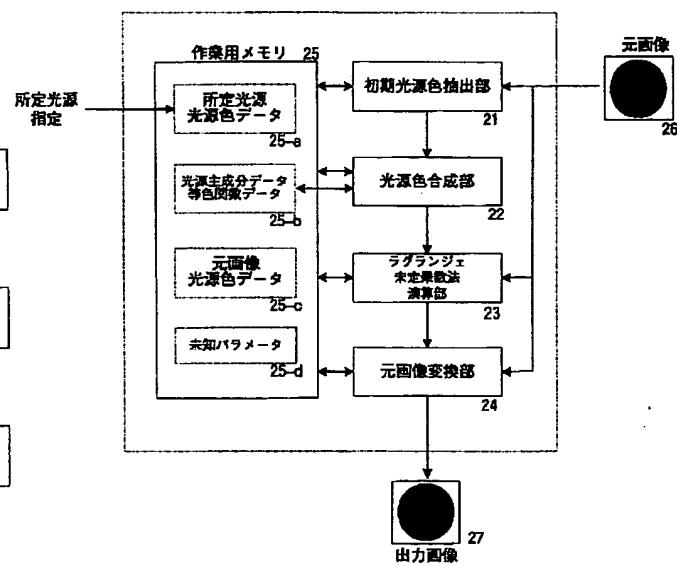
【図1】



【図2】



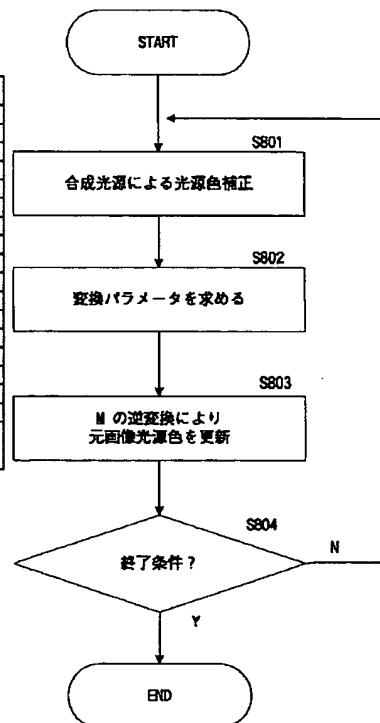
【図3】



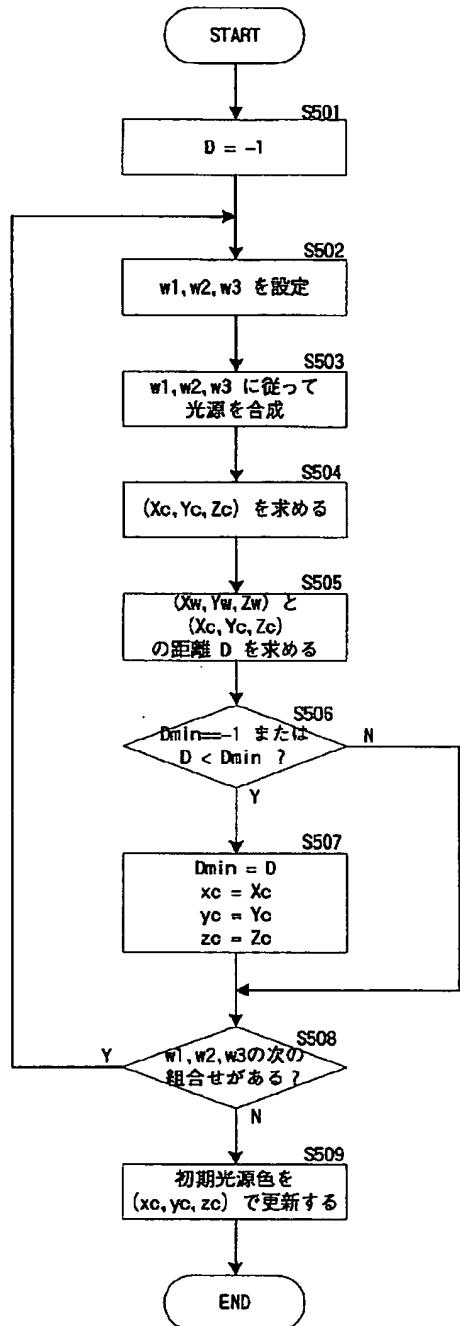
【図4】

波長(nm)	第一主成分	第二主成分	第三主成分	等色間数 $x(\lambda)$	等色間数 $y(\lambda)$	等色間数 $z(\lambda)$
380	-0.9183	59.7326	-12.0069	0.0014	0	0.0055
385	-1.0349	66.7864	-13.7917	0.0022	0.0001	0.0105
390	-1.1583	74.2229	-15.5628	0.0042	0.0001	0.0201
395	-2.3535	91.4992	-19.0267	0.0076	0.0002	0.0362
400	-3.574	109.3546	-21.213	0.0143	0.0004	0.0679
405	-4.6297	123.1633	-7.5836	0.0232	0.0006	0.1102
410	-4.0587	128.7806	-25.276	0.0435	0.0012	0.2074
415	-3.8688	135.8786	-27.0652	0.0776	0.0022	0.3713
420	-3.5656	143.0003	-28.0379	0.1344	0.004	0.6456
425	-2.8737	145.9251	-29.007	0.2148	0.0073	1.0391
430	-1.5308	148.2376	-27.4812	0.2639	0.0116	1.3856
435	-3.0902	172.2902	11.4022	0.3285	0.0168	1.623
440	-0.6695	175.596	-21.6318	0.3483	0.023	1.7471
445	1.158	181.5782	-30.2325	0.3481	0.0298	1.7826
450	2.8927	188.8734	-30.7917	0.3362	0.038	1.7721
455	5.2871	190.215	-30.6365	0.3187	0.048	1.7441
460	7.7854	191.4421	-30.7907	0.2908	0.06	1.6692
...

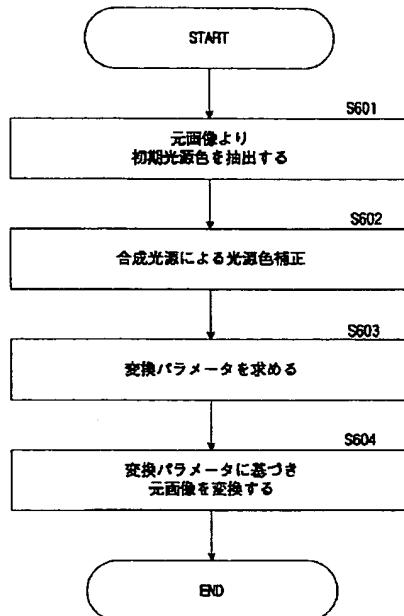
【図8】



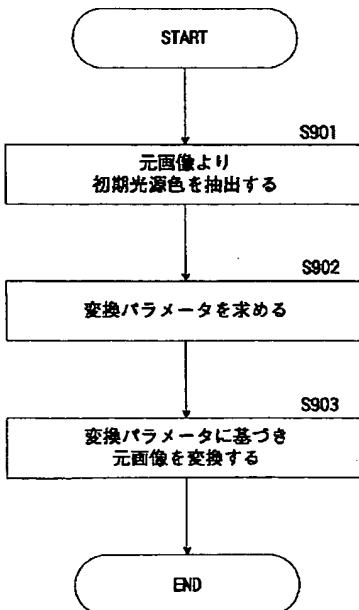
【図5】



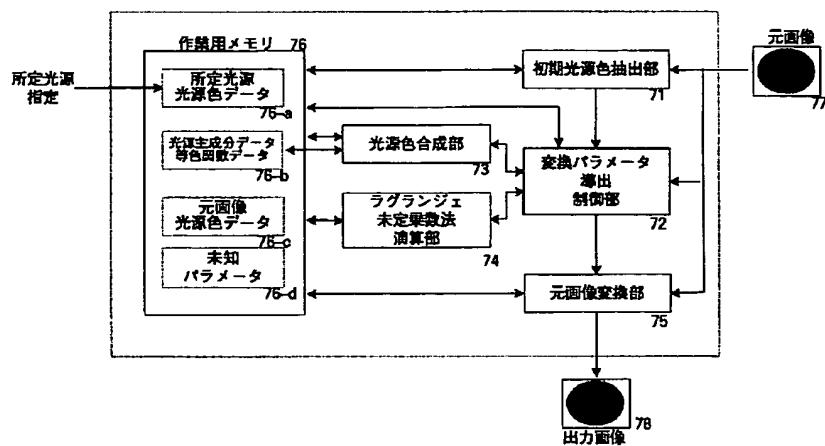
【図6】



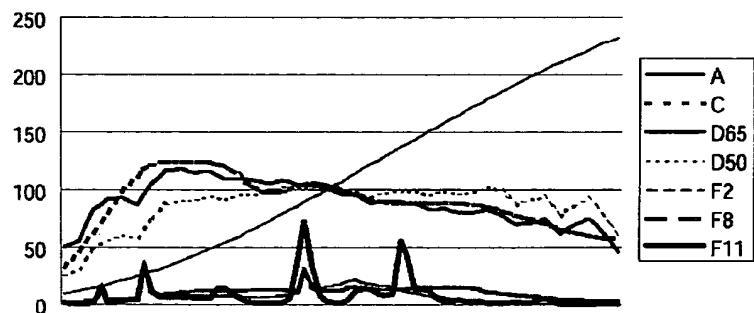
【図9】



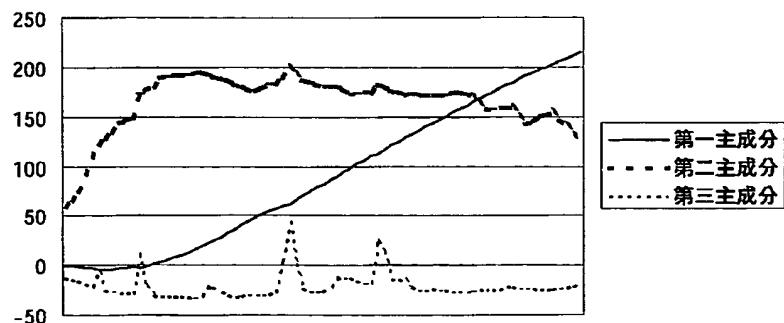
【図7】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5B057 BA25 CA01 CA08 CA12 CA16
CB01 CB08 CB12 CB16 CC01
CE17 CH08 DB02 DB06 DB09
DC25
5C066 AA11 BA20 CA05 DA00 EA03
EA05 EA13 EB01 EC01 ED00
GA01 GB01 JA01 KD06 KE01
KE07 KF05
5C077 MP08 PP32 PP37 PP43 PP71
PQ12 PQ18 PQ22 SS05
5C079 HB01 HB05 HB11 JA25 LA02
MA01 MA11 NA18 NA29